

D6

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
11 DE 3931570 C1

51 Int. Cl. 5:
H01L 23/473

21 Aktenzeichen: P 39 31 570.3-33
22 Anmeldetag: 19. 9. 89
43 Offenlegungstag: —
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 3. 91

DE 3931570 C1

BEST AVAILABLE COPY

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH, 6000 Frankfurt,
DE

72 Erfinder:

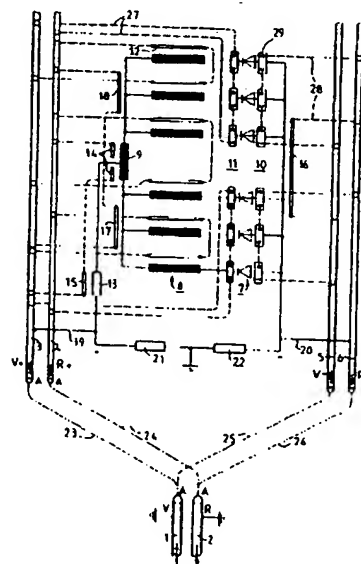
Strümkmann, Jörg, Ing.(grad.), 4788 Warstein, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-GM 75 00 696
DE-GM 67 53 439
Heumann, Klemens, Stumpe, August C.: Thyristoren,
1. Aufl., Stuttgart: B.G. Teubner, 1969, S. 294;

54 Anordnung des Kühlwasserkreislaufs im Gleichstromkreis eines Stromrichters

Es soll eine Anordnung des Kühlwasserkreislaufs im zwischen zwei Gleichspannungspotentialen (+, -) befindlichen Gleichstromkreis eines Stromrichters angegeben werden, bei der der galvanische Anodenabtrag der Wasseranschlußverbindungen der Einzelkühlkreisläufe für die einzelnen elektrischen Bauelemente vermieden wird. Dazu liegt auf jedem der beiden Gleichspannungspotentiale (+, -) des Stromrichters jeweils ein mit einem zentralen Wasserzulaufrohr (1) über ein isolierendes Zwischenstück (23, 25) verbundener metallener Zulaufverteiler (3, 5) und jeweils ein mit einem zentralen Wasserablaufrohr (2) über ein isolierendes Zwischenstück (24, 26) verbundener, metallener Ablaufsammler (4, 6). Der Zulaufverteiler (3) und der Ablaufsammler (4) sind mit einer elektrischen Verbindung (19) auf das positive Gleichspannungspotential (+) des Stromrichters gelegt. Der Zulaufverteiler (5) und der Ablaufsammler (6) sind mit einer elektrischen Verbindung (20) auf das negative Gleichspannungspotential (-) des Stromrichters gelegt. An die beiden Verteiler (3, 4 bzw. 5, 6) sind über isolierende, schlauchartige Verbindungen (27, 28) jeweils die den beiden Verteilern potentialmäßig zugeordneten Einzelkühlkreisläufe angeschlossen, wodurch kein Einzelkühlkreislauf gleichstrombelastet ist. Lediglich die vier Anoden (A) bei den isolierenden Zwischenstücken (23 bis 26) sind gleichstrombelastet und können auf einfache Weise korrosionsgeschützt werden.



DE 3931570 C1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung des Kühlwasserkreislaufs gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine derartige Anordnung ist aus dem DE-GM 75 00 696 bekannt. Die Kühlkörper sind in der Regel mit Hochleistungsbauelementen bestückt, die auf verschiedenen elektrischen Potentialen liegen. Diese Kühlkörper sind daher mittels Isolierrohrleitungen an das zentrale Wasserzulauf- und -ablaufrohr angeschlossen. Dabei fällt die Potentialdifferenz, die zwischen den mit dem Kühlmittel in Berührung stehenden, elektrisch leitenden Einrichtungen mit dem größten Potentialunterschied besteht, an Steuerelektroden ab, wobei die Steuerelektroden das gleiche Potential aufweisen wie die leitenden Einrichtungen. Parallel zu diesen Einrichtungen sind die weiteren elektrischen Einrichtungen an gegenüber ihrem eigenen Potential äquipotentialen Punkten zwischen den Steuerelektroden angeordnet.

In diesem Zusammenhang ist es aus dem DE-GM 67 53 439 bekannt, daß die Kühlkörper unabhängig von ihrer Anzahl in nur zwei Gruppen voneinander isoliert zu sein brauchen, wobei dies der geringstmöglichen Anzahl voneinander elektrisch isolierter Bestandteile einer Schaltung, wie sie bei jedem Stromrichter als das positive und das negative Gleichstrompotential gegeben ist, entspricht.

Eine Wasserkühlung der stromführenden Bauelemente ist insbesondere bei Stromrichtern notwendig, wenn diese als Hochstromgeräte, z.B. zur elektrischen Speisung von Galvanikgeräten, eingesetzt werden. Dabei fließt auf der die Last speisenden Sekundärseite eines Transformators bei mit Niederspannung betriebenen Stromrichter ein sehr hoher Strom, der Wärmeverluste hervorruft. Zur Abfuhr der Verlustwärme sind die gleichrichtenden Dioden des Stromrichters zwischen kühlwasserdurchflossenen Kühllosen gespannt. Die Wicklungen, insbesondere die Sekundärwicklungen des Transformators, sind ebenso wie die Wicklungen einer Saugdrossel entweder als kühlwasserdurchflossene Hohlwicklungen ausgeführt oder durch z.B. aufgelötete Kühlschlangen gekühlt, und auch die elektrischen Verbindungsleitungen zwischen den Bauelementen sind wassergekühlte Stromschienen.

Der Kühlwasserkreislauf kann so ausgebildet sein, daß das Kühlwasser für die jeweiligen Kühlanordnungen von einer zentralen Rückkühlanlage über ein metallisches, geerdetes Wasserzulaufrohr bereitgestellt und durch ein geerdetes, metallisches Wasserablaufrohr wieder zurückgenommen wird. Das Wasserzulaufrohr und das Wasserablaufrohr sind mit den Kühlwasseranschlüssen der Kühlkreisläufe der einzelnen elektrischen Bauelemente jeweils durch isolierende, schlauchartige Verbindungen verbunden.

Problematisch wirken sich die Gleichspannungen innerhalb der Gleichrichterschaltung zwischen dem Plus- und Minuspol und bei geerdeter Last zwischen dem geerdeten Wasserzu- und Wasserablaufrohr einerseits und den hiergegen negativen oder positiven Gleichspannungen auf die Anschlüsse der zwischen diesen Potentialen befindlichen schlauchartigen Wasserverbindungen der einzelnen Kühlkreise für die elektrischen Bauelemente aus. Das üblicherweise verwendete Wasser als Kühlflüssigkeit weist eine elektrische Leitfähigkeit auf. In gleichspannungsbelasteten Schlauchverbindungen fließt ein Gleichstrom, der einen galvanischen Materialabtrag des Metalls an den anodenseitigen An-

schlüssen der schlauchartigen Wasserverbindungen verursacht. Das führt neben der Zerstörung dieser Anschlüsse zu Korrosionsprodukthanlagerungen und zu Verstopfungen in den Kühlkreisen.

Den Auswirkungen der Gleichstrombelastung kann durch lange Schlauchverbindungen, hochreines, also hochhohmiges Wasser oder Einsatz von Opferanoden entgegengesteuert werden. Wegen der Vielzahl der Einzelverbindungen und damit der anodischen Schwachstellen des Kühlwasserkreislaufs sind derartige Lösungen aufwendig und verlängern lediglich die Lebensdauer, beseitigen aber das Problem nicht grundsätzlich. Eine andere, wenig wirtschaftliche Lösung des Problems besteht in der Verwendung von elektrisch nicht leitfähigen Kühlflüssigkeiten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art anzugeben, bei der der galvanische Anodenabtrag infolge von gleichstrombelasteten Anschlußverbindungen der Kühlkreise der einzelnen elektrischen Bauelemente vermieden wird.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Ein Gleichspannungspotentialunterschied und damit die Gleichstrombelastung tritt nur noch über die vier (im Kühlwasserdurchtrittsquerschnitt verhältnismäßig großen) Anschlußverbindungen zwischen dem zentralen Wasserzulaufrohr bzw. dem zentralen Wasserablaufrohr einerseits und den beiden Zulaufverteilern bzw. den beiden Ablaufsammlern andererseits auf. An den vier anodenseitigen Anschlüssen dieser Verbindungen kann gezielt eine Korrosionsschutzmaßnahme getroffen werden. Es sind vorteilhafterweise nur verhältnismäßig kurze schlauchartige Verbindungen für die Einzelkühlkreise erforderlich, und an die elektrische Leitfähigkeit des Kühlwassers können geringere Anforderungen gestellt werden, ohne daß die Anschlüsse der Einzelkühlkreisläufe galvanisch zerstört werden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Anordnung nach der Erfindung sind in den Ansprüchen 2 bis 6 gekennzeichnet.

Die Erfindung soll im folgenden anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen erläutert werden. Es zeigt

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer Kühlanordnung nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung und

Fig. 2 eine Maßnahme für einen gezielten Korrosionsschutz bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung.

In Fig. 1 sind sechs Dioden 7 eines Gleichrichters gezeigt, die einen über sechs Sekundärwicklungen 8 eines Transformators eingespeisten hohen elektrischen Strom gleichrichten. Dieser gleichgerichtete Strom fließt durch eine Last (z.B. ein Galvanikbad) zwischen den mit + und - bezeichneten elektrischen Gleichspannungspotentialen. Widerstände 21, 22 stellen die Last dar. Sie kann zwischen + und - an beliebiger Stelle Erdpotential haben. Je drei der Sekundärwicklungen 8 sind an einem (End-) Anschluß einer Saugdrossel 9 angeschlossen, deren Mittenanzapfung über einen Shunt 13 zum positiven Potential geführt ist.

Zur Abfuhr der durch den hohen Strom auftretenden Verlustwärme sind die Dioden 7 jeweils anoden- und kathodenseitig an wasserdurchflossene Kühllosen 10 bzw. 11 gepreßt. Wasserdurchflossene, auf die Wicklungen gelötete Kupferkühlrohre bzw. direkt in den Kupferwicklungen vorhandene Kühlkanäle 12 führen die Verlustwärme der Sekundärwicklungen 8 und zwei weitere wasserdurchflossene Kupferkühlrohre 14 die Ver-

lustwärme der Saugdrossel 9 ab. Neben den Kühlkreisen 10, 11, 12 (14 und 15) sind noch die Kühlkreise 16, (17 und 18) beispielhaft gezeigt. Die Wasseranschlüsse für die Kühlwasserzu- und -ableitung bei den Kühlanordnungen sind jeweils mit einem kleinen Kreis angezeigt und (einmalig) mit 29 bezeichnet.

Das Kühlwasser wird von einer (nicht gezeigten) zentralen Rückkühlanlage über ein geerdetes zentrales Wasserzulaufrohr 1 bereitgestellt und über ein geerdetes zentrales Wasserablaufrohr 2 dorthin zurückgeführt. Die Wasserzufuhr ist jeweils mit V, die Wasserrückfuhr mit R und die Fließrichtung des Kühlwassers mit Pfeilen angezeigt.

Gemäß der Erfindung sind zwei metallene, vorzugsweise aus Kupferrohr ausgebildete Zulaufverteiler 3, 5 für das Kühlwasser vorgesehen, die über zwei isolierende Zwischenstücke 23, 25 mit dem Wasserzulaufrohr 1 verbunden sind. Ferner gibt es zwei metallene, vorzugsweise aus Kupferrohr ausgebildete Ablaufsammler 4, 6, die über zwei weitere isolierende Zwischenstücke 24, 26 an das Wasserablaufrohr 2 angeschlossen sind.

Der Zulaufverteiler 3 und der Ablaufsammler 4 befinden sich über eine elektrische Verbindung 19 gemeinsam auf dem positiven Potential (+), während der Zulaufverteiler 5 und der Ablaufsammler 6 zusammen über eine elektrische Verbindung 20 an das negative Potential (-) gelegt sind.

Sämtliche Kühlanordnungen der elektrischen Bauelemente, die sich auf dem kathodenseitigen Potential der Dioden 7 befinden, sind über schlauchartige Anschlußverbindungen, die z.B. für die Kühldosen 11 mit 27 bezeichnet sind, für den Kühlwasserzulauf an den Zulaufverteiler 3 und für den Kühlwasserablauf an den Ablaufsammler 4 angeschlossen. Ebenso erhalten sämtliche Kühlanordnungen der elektrischen Bauelemente, die auf der Anodenseite der Dioden 7 liegen, ihr Kühlwasser aus dem Zulaufverteiler 5 über schlauchartige Anschlußverbindungen. Sie geben Kühlwasser an den Ablaufsammler 6 ebenfalls über schlauchartige Anschlußverbindungen ab. Die schlauchartigen Anschlußverbindungen (gestrichelt gezeichnet) zwischen dem Zulaufverteiler 5 und dem Ablaufsammler 6 sind z.B. für die Kühldosen 10 mit 28 bezeichnet.

Soweit es kühltechnisch sinnvoll ist, können mehrere Kühlanordnungen auf gleichem Gleichspannungspotential nacheinander, d.h. in Reihenschaltung, vom Kühlwasser durchflossen werden.

Alle, verhältnismäßig kurzen, schlauchartigen Anschlußverbindungen (also z.B. die Verbindungen 27 und 28) zwischen den Zulaufverteilern 3 bzw. 5, den Ablaufsammlern 4 bzw. 6 und den Wasseranschlüssen 29 der Kühlanordnungen der einzelnen elektrischen Bauelemente verbinden ausschließlich Teile gleichen Gleichspannungspotentials. Sie sind (was korrosionsmäßig unschädlich ist) lediglich wechsellastungsbelastet bzw. spannungsfrei. Eine Gleichspannungsbelastung und damit der gefürchtete Materialabtrag werden hier vorteilhafterweise vermieden.

Lediglich die vier isolierenden (strichpunktirt gezeichneten) Zwischenstücke 23, 24, 25, 26 sind gleichspannungsbelastet, da sie die auf positivem oder negativem Potential befindlichen Zulaufverteiler 3, 5 und Ablaufsammler 4, 6 mit den geerdeten, zentralen Wasserzulauf- 1 und Wasserablaufrohr 2 verbinden. Diese Verbindungen liegen an einer zentralen Trennstelle. Hier können gezielt Korrosionsschutzmaßnahmen an den gleichstrombelasteten, jeweils mit A bezeichneten anodenseitigen Anschlußstellen getroffen werden. Das ist

um so einfacher, als hier der kühlwasserdurchflossene Querschnitt der jeweiligen Kupferrohre verhältnismäßig groß sein muß.

Fig. 1 zeigt den Fall, daß die Last "mittig" geerdet ist. Ist z.B. der Minuspol geerdet, können alle Schlauchverbindungen (z. B. 28) der auf Minus-Potential liegenden Kühlvorrichtungen direkt zu dem Wasserzulaufrohr 1 bzw. zu dem Wasserablaufrohr 2 geführt werden. (Die Elemente 20, 5, 6, 25, 26 entfallen dann). Entsprechendes gilt, wenn der Pluspol geerdet ist. Ist die Last nicht geerdet, wird die Anordnung des Kühlwasserkreislaufs wie im Fall des geerdeten Minuspols durchgeführt. Auch hierbei sind dann nur zwei gleichstrombelastete anodenseitige Anschlußstellen vorhanden (A beim Zulaufverteiler 3 und A beim Ablaufsammler 4).

Der Korrosionsschutz ist z.B. dadurch möglich, daß an den Stellen A sogenannte Opferanoden angebracht werden.

Eine weitere Möglichkeit des Korrosionsschutzes ist in Fig. 2 im Prinzip gezeigt, wobei der Aufbau des Gleichrichters und des Kühlkreislaufs demjenigen in Fig. 1 entsprechen.

Das Schutzprinzip besteht darin, daß der vom positiven zum negativen Anschluß einer, im Schlauch befindlichen, Wassersäule fließende Strom gezwungen wird, über eine gegen galvanischen Materialabtrag beständige Elektrode (die beim positiven Anschluß liegt), zum negativen Anschluß der Wassersäule zu fließen. Vom positiven Anschluß der Schlauchverbindung fließt damit kein Gleichstrom, und somit findet kein Materialabtrag statt.

Mit 1 ist wiederum das zentrale Wasserzulaufrohr und mit 2 das zentrale Wasserablaufrohr bezeichnet, wobei von diesen an der mit B bezeichneten Stelle die Zu- und Abfuhr von weiteren Kühlkreisen angedeutet ist.

Die Zulaufverteiler sind wiederum mit 3, 5 und die Ablaufsammler mit 4, 6 beziffert. Auch die isolierenden Zwischenstücke tragen wieder die Bezugszeichen 23, 24, 25, 26. In diese Zwischenstücke sind mit A3 bis A6 bezeichnete, gegen Gleichstrombelastung beständige Elektroden eingefügt, die dem Korrosionsschutz der unmittelbaren Verbindungsstellen A der Kupferrohre 1 bis 6 mit den isolierenden Zwischenstücken 23 bis 26 dienen. Diese inerten Elektroden A3 bis A6 sind jeweils mit dem positiven Pol einer geregelten Gleichspannungsquelle U3 bis U6 verbunden. Der negative Pol der Gleichspannungsquellen U3 bis U6 ist jeweils an die ihm zugeordnete Verbindungsstelle A angeschlossen. Es werden über übliche Stromerfassungsglieder S3 bis S6 die Ströme I3 bis I6 in den elektrischen Verbindungen 193, 194, 205, 206 zwischen den Zulaufverteilern 3, 5 bzw. den Ablaufsammlern 4, 6 und dem diesen zugeordneten Gleichspannungspotential + bzw. - erfaßt.

Bei der Möglichkeit des Korrosionsschutzes für die Stellen A am Zulaufverteiler 3 bzw. Ablaufsammler 4 werden die (geringen) Ströme I3 bzw. I4 durch die elektrischen Verbindungen 193, 194 derart über die Spannungsquellen U3, U4 ausgeregelt, daß sie stets ≥ 0 sind. Damit ist sichergestellt, daß von den gefährdeten Stellen A kein, die Korrosion bewirkender, Strom in Richtung auf das zentrale Wasserzulaufrohr 1 bzw. das zentrale Wasserablaufrohr 2 fließt, sondern über die beständigen Elektroden.

Bei der Möglichkeit des Korrosionsschutzes der Stellen A am zentralen Wasserzulaufrohr 1 bzw. Wasserablaufrohr 2 werden zusätzlich zu den Strömen I5, I6, die in den elektrischen Verbindungen 205, 206 fließen, auch

die Ströme I_{S5} , I_{S6} , die durch die inerten Elektroden A5 bzw. A6 fließen, von weiteren üblichen Stromerfassungsgliedern S51, S61 erfaßt und Reglern V5, V6 zugeführt. Der Regler V5 stellt sicher, daß die Gleichspannungsquelle U5 stets einen Strom I_{S5} fließen läßt, der größer, oder zumindest gleich groß wie der Strom I_5 ist, während der Regler V6 gewährleistet, daß der Strom I_{S6} durch die inerte Elektrode A6 stets größer, oder zumindest gleich groß wie der Strom I_6 ist. Damit wird sichergestellt, daß von den korrosionsgefährdeten Stellen A an dem zentralen Wasserzulaufrohr 1 bzw. dem zentralen Wasserablaufrohr 2 kein materialabtragender Strom in Richtung der Verteiler 5 und 6 fließt, sondern über die inerten Elektroden.

Statt der beschriebenen geregelten Ausführung kann auch eine vereinfachte unregelmäßige Ausführung verwendet werden. Hierbei entfallen dann die Stromerfassungsglieder und Regler.

Eine Kühlung der (nicht gezeigten, mit den Sekundärwicklungen 8 korrespondierenden) Primärwicklungen des Transformators ist dadurch möglich, daß deren Kühlschlangen (da ebenfalls nur wechselspannungsbelastet) entweder an die zentralen Wasserzu- und Wasserablaufrohre 1, 2 oder an ein auf gleichem Gleichspannungspotential befindliches Paar von Zulaufverteiler und Ablaufsammler, also 3, 4 oder 5, 6 angeschlossen werden.

Patentansprüche

1. Anordnung des Kühlwasserkreislaufs im zwischen zwei Gleichspannungspotentialen befindlichen Gleichstromkreis eines Stromrichters mit einem zentralen metallenen, geerdeten Wasserzulaufrohr und einem zentralen metallenen geerdeten Wasserablaufrohr sowie isolierenden, schlauchartigen Anschlußverbindungen an den Kühlwasseranschlüssen der den einzelnen elektrischen Bauelementen jeweils zugeordneten Kühlanordnungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf jedes der beiden Gleichspannungspotentiale (+; -) des Stromrichters jeweils ein mit dem zentralen Wasserzulaufrohr (1) über ein isolierendes Zwischenstück (23, 25) verbundener, metallener Zulaufverteiler (3, 5) und jeweils ein mit dem zentralen Wasserablaufrohr (2) über ein isolierendes Zwischenstück (24, 26) verbundener, metallener Ablaufsammler (4, 6) durch elektrische Verbindungen (19, 20) gebracht ist und die beiden Zulaufverteiler (3, 5) und die beiden Ablaufsammler (4, 6) über die isolierenden, schlauchartigen Anschlußverbindungen (27, 28) jeweils an die ihnen potentialmäßig zugeordneten Kühlwasseranschlüsse (29) für den Kühlwasserzu- bzw. Kühlwasserablauf bei den Kühlanordnungen (10, 11, 14, 15, 16, 17, 18) der elektrischen Bauelemente (7, 8, 9, 13) angeschlossen sind.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß, sofern ein Gleichspannungspotential (+ bzw. -) gleich dem Erdpotential ist, die auf diesem Gleichspannungspotential (+ bzw. -) liegenden Kühlanordnungen (10, 16 bzw. 11, 12, 14, 15, 17, 18) über die isolierenden, schlauchartigen Anschlußverbindungen (28 bzw. 27) unter Fortfall des Zulaufverteilers (5 bzw. 3) und des Ablaufsammlers (6 bzw. 4), der zugehörigen elektrischen Verbindung (20 bzw. 19) sowie der isolierenden Zwischenstücke (25, 26 bzw. 23, 24) direkt an das zentrale Wasserzulaufrohr (1) und an das zentrale Wasser-

ablaufrohr (2) angeschlossen sind.

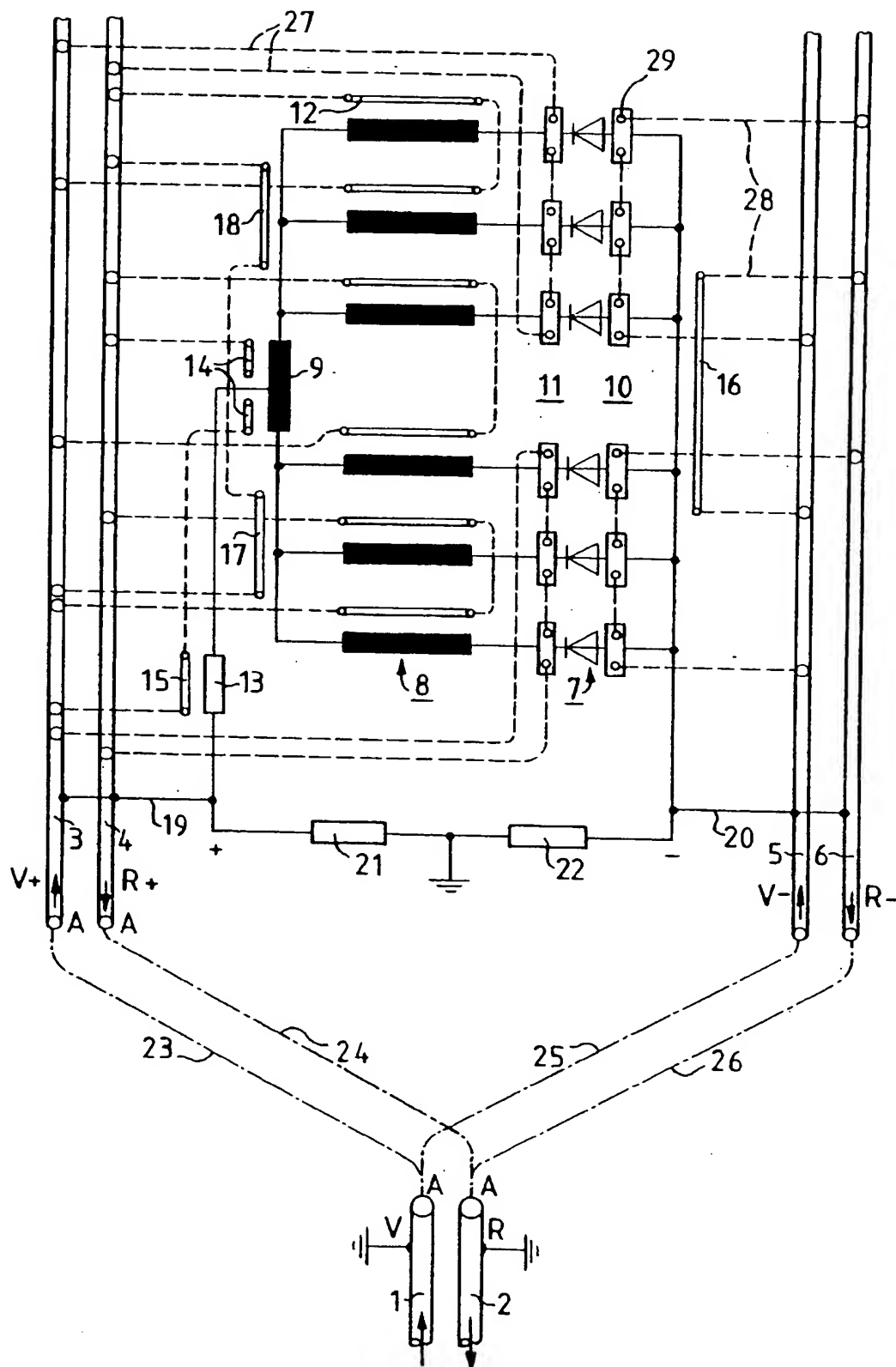
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei nicht geerdeter Last (21, 22) zwischen den beiden Gleichspannungspotentialen (+; -) die auf dem Minuspotential (-) liegenden Kühlanordnungen (10, 16) über die isolierenden, schlauchartigen Anschlußverbindungen (28) unter Fortfall des Zulaufverteilers (5) und des Ablaufsammlers (6), der zugehörigen elektrischen Verbindung (20) sowie der isolierenden Zwischenstücke (25, 26) direkt an das zentrale Wasserzulaufrohr (1) und an das zentrale Wasserablaufrohr (2) angeschlossen sind.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß an den anodenseitigen Anschlußstellen (A) der isolierenden Zwischenstücke (23, 24, 25, 26) an das zentrale Wasserzu- (1) bzw. Wasserablaufrohr (2) und an die Zulaufverteiler (3, 5) bzw. an die Ablaufsammler (4, 6) Opferanoden angeordnet sind.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß an den anodenseitigen Anschlußstellen (A) der isolierenden Zwischenstücke (23, 24, 25, 26) an das zentrale Wasserzu- (1) bzw. Wasserablaufrohr (2) und an die Zulaufverteiler (3, 5) bzw. an die Ablaufsammler (4, 6) jeweils eine Spannungsquelle (U3, U4, U5, U6) und eine gegen galvanischen Materialabtrag beständige Elektrode (A3, A4, A5, A6) angeordnet wird, wodurch bewirkt wird, daß kein Gleichstrom von den Anschlußstellen (A), sondern von den beständigen Elektroden (A3, A4, A5, A6) zum jeweils negativen Anschluß der isolierenden Zwischenstücke (23, 24, 25, 26) fließt. (Fig. 2) 6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektrodenstrom so geregelt wird, daß der (Teil-) Strom von der Elektrode (A3, A4, A5, A6) zu der anodenseitigen Anschlußstelle (A) gleich oder etwas größer als Null ist, und immer, auch bei z.B. schwankender Wasserleitfähigkeit, der Elektrodenstrom gerade nur so groß ist, wie er zum Schutz der Anschlußstelle (A) sein muß.

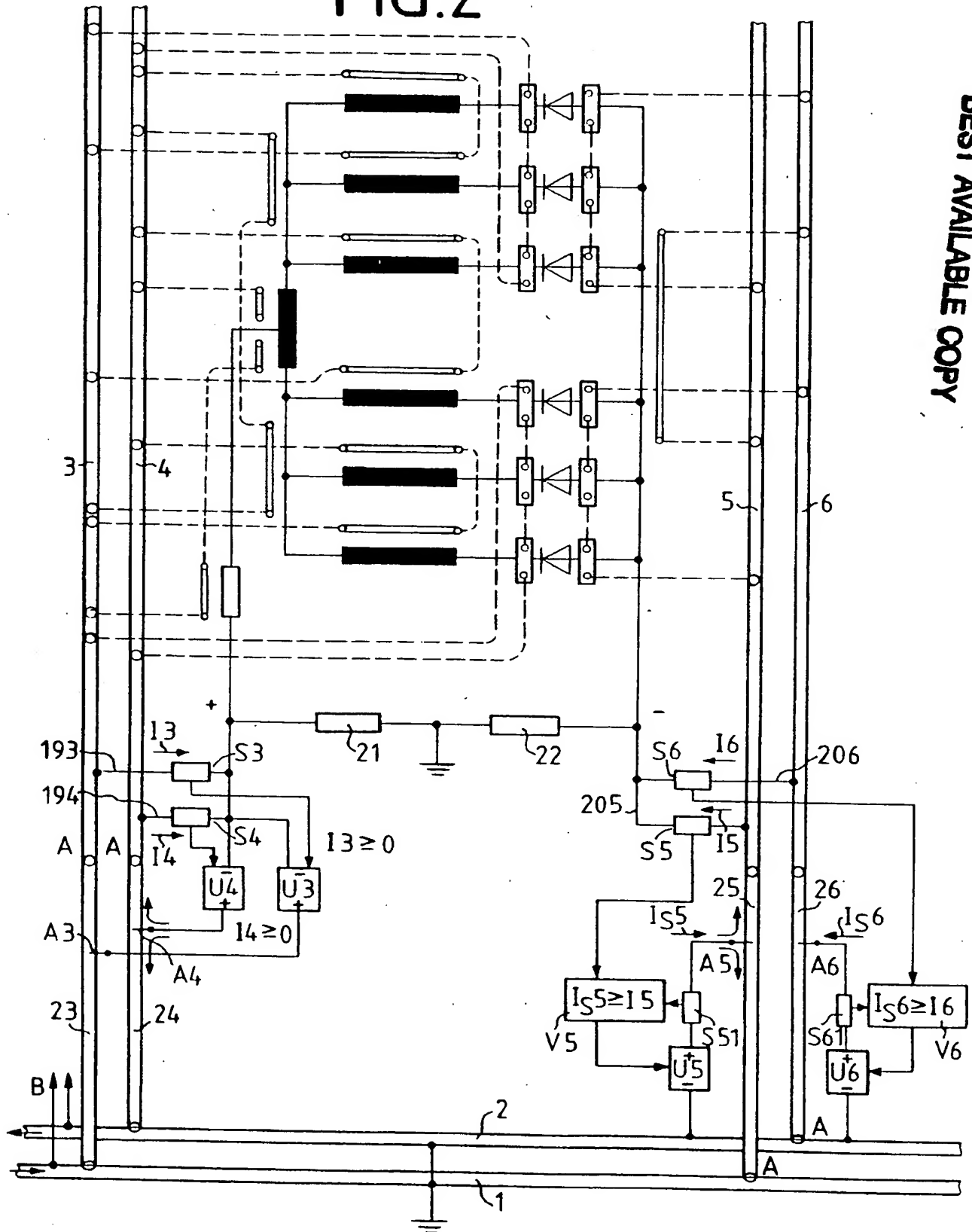
Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1



BEST AVAILABLE COPY

FIG.2



BEST AVAILABLE COPY